Національний технічний університет України
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Кафедра відновлюваннх джерел енергії

ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНІ МАТЕРІАЛИ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни	
Рівень вищої освіти	***Перший (бакалаврський)***
Галузь знань	*14 Електрична інженерія*
Спеціальність	*141 - Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка*
Освітня програма	*Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії* *Електричні станції* *Електричні системи і мережі* *Управління, захист та автоматизація енергосистем* *Електротехнічні пристрої та електротехнологічні комплекси* *Електричні машини і апарати* *Електромеханічні системи автоматизації, електроприводів та електрична мобільність*
Статус дисципліни	*Нормативна*
Форма навчання	*очна(денна)/ заочна/дистанційна/змішана*
Рік підготовки, семестр	*1 курс, 2 семестр*
Обсяг дисципліни	*3 кредити ECTS / 90 годин (лекцій – 36 годин, лабораторних занять – 18 годин)*
Семестровий контроль/ контрольні заходи	*Залік/модульна контрольна робота, захист лабораторних робіт*
Розклад занять	*1 лекція 1 раз на тиждень, 1 лабораторне заняття – 1 раз на 2 тижні*
Мова викладання	*Українська*
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лекції, лабораторні роботи: *канд. техн. наук, доцент, Кириленко Катерина Всеволодівна, katakyr20@gmail.com* Лабораторні роботи: *Мельник Олександр Анатолійович oa.melnyk@kpi.ua* *Коваленко Ірина Ківна, 2048141@ukr.net* *Козачук Оксана Володимирівна, kozachuk_oksana@ukr.net*
Розміщення курсу	*https://classroom.google.com/c/Mjc0MTUwMTQ4NDI0?cjc=avursty*

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчання та результати навчання

Вивчення навчальної дисципліни "Електротехнічні матеріали" сприяє формуванню спеціаліста, здатного виконувати роботу досліджника, конструктора, технолога та експлуатаційника електротехнічного, електромеханічного та електроенергетичного обладнання, забезпечуючи його високу якість та надійність в експлуатації, ефективне використання та кваліфіковане технічне обслуговування.

Метою вивчення дисципліни "Електротехнічні матеріали" є формування та закріплення у студентів наступних компетентностей:

(К07) працювати в команді; (К13) виріщувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з роботою електричних систем та мереж, електричної частини станцій і підстанцій та техніки високих напруг; (К15) виріщувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з проблемами метрології, електричних вимірювань, роботою

иристроїв автоматипноso керування, релейноso sахисту та автоматики; (К16) виріиувати комилексні сиеуіалisовані sабапі і ирактипні ироблеми, иов'яsані s роботою електрипних маиин, аиаратів та автоматиsованоso електроиривобу.

Проsрawні реsулатати навпання, на $орwування та иокрауення яких сиряwовано навпалану дисуииліну: *(ПР07) sбійснювати аналіs ироуесів в електроенерsетипному, електротехніпному та електромеханіпному облабнанні, вібиовібних комилексах і системах.*

2. Пререквіsнтн та постреквіsнтн днєнплінн

Дисуииліна "Електротехніпні матеріали" вібноситься бо ирофесійно−орісntованих бисуиилін, уо с обов'яsковими бля бакалавратів електромеханіпноso наирямку иібsотовки. Вона sабеsиепус сирийняття таких иобальиих бисуиилін, як "Основи метролоsії та електрипних вимірювань", "Електрипні маиини», "Електрипні мерені та системи", "Релейний sахист і автоматиsауія енерsосистем", "Електрипна пастина стануій та иібстануій", та ін.

3. Зміст навиаǰної днєнплінн

Дисципzіна містить ***5 роздіпів****.*

Роsділ 1. Встуи*. Місуе і роль бисуииліни в иібsотовуі бакалаврів−електротехніків. Виsнапення електрохніпних термінів. Заsальні вібомості иро иро бубову реповини, електротехніпні матеріали і їх класифікауію sа рisними критеріями..*

Роsділ 2. ¢іелектрики. *В уьому роsбілі роssлябаються иоляриsауія і електроировібність біелектриків, біелектрипні втрати, иробій біелектриків, фіsико−хіміпні, механіпні і рабіауійні властивості біелектриків та основні біелектрипні матеріали.*

Роsділ 3. Провідникові wатеріали. *Класифікауія і основні властивості ировібникових матеріалів. Провібникові матеріали рisноso електротехніпноso ириsнапення.*

Роsділ 4 Наиівировідникові wатеріали. *¶ей роsбіл вклюпас sаsальну характеристику і роssляб основних властивостей наиівировібників, а такон інформауію иро основні наиівировібникові матеріали.*

Роsділ 5. Маsнітні wатеріали. *Основні вібомості иро маsнітні властивості матеріалів. Проуеси в маsнітних матеріалах. Намаsніпування феромаsнетиків. Маsнітом'які і маsнітотвербі маsнітні матеріали..*

4. Навиаǰні матеріалн та ресурсн

ОСНОВНА ßІТЕРАТYРА

1. *Електротехніпні матеріали: Курс лекуій. fастина 1. Діелектрипні матеріали. [Електронний ресурс]: навп. иосіб. бля sбобувапів стуиеня бакалавра sа освітніми ироsрамами «Електрипні стануії», «Електрипні системи і мерені», «Електротехніпні иристрої та електротехнолоsіпні комилекси», «Нетрабиуійні та вібновлювані бнерела енерsії», «Електрипні маиини і аиарати», «Електромеханіпні системи автоматиsауії, електроиривоб та електромобільність», «Yиравління, sахист та автоматиsауія енерsосистем» сиеуіальності 141 «Електроенерsетика, електротехніка та електромеханіка», уклаб.: В. М. Кириленко, К.В. Кириленко. В.М. Fоловко – Київ : КПІ ім Іsоря Сікорськоso, 2021. – 224 с. Достуи: https://ela.kpi.ua/handle/123456789/45608*
2. *Електротехніпні матеріали: лабораторний ирактикум [Електронний ресурс]: навпальний иосібник бля sбобувапів стуиеня бакалавра сиеуіальності 141 «Електроенерsетика, електротехніка та електромеханіка» / КПІ ім. Іsоря Сікорськоso ; уклаб.: В. М. Кириленко, К. В. Кириленко, М. О. Бубько. – Електронні текстові бані (1 файл: 2,71 Мбайт). – Київ : КПІ ім Іsоря Сікорськоso, 2022. – 74 с. – Наsва s екрана. Реним бостуиу: https://ela.kpi.ua/handle/123456789/48371*

3. *Електротехніпні матеріали: оформлення sвітів s лабораторних робіт [Електронний ресурс] : навпальний иосібник бля стубентів сиеуіальності 141 - Електроенерsетика, електротехніка та електромеханіка / КПІ ім Isоря Сікорськоsо ; уклаб.: К. В. Кириленко, В. М. Кириленко. – Електронні текстові бані (1 файл: 1,34 Мбайт). – Київ : КПІ ім Isоря Сікорськоsо, 2022. – 23 с. – Наsва s екрана. Реним бостуиу: https://ela.kpi.ua/handle/123456789/48385*
4. *Колесов С.М., Колесов І.С. Електроматеріалоsнавство: иібрупник. – К.: «Вибавниутво Дельта», 2008. – 516 с.*
5. *Конструкуійні та функуіональні матеріали / Бабак В.П., Байса Д.Ф., Рisак В.М., Філоненко С.Ф. Y бвох пастинах. – К.: Техніка. – f.1, 2003. – 344 с.; п.2, 2004. – 368 с.*
6. *Фisипне матеріалоsнавство: Навп. иосіб. / ª.М. Поилавко, ß.П. Переверsсва, С.О. Воронов, ª.І. Rкименко. - К.: НТYY «КПІ», 2007. – f. 2: Діелектрики. - 392 с.*

ДОДАТКОВА ßІТЕРАТYРА

1. *Електротехніпні матеріали: навп. иосібн. / А.С. Fоловпенко, Д.В. ¶ииленков, А.А.Колб, А.В. Ніколенко; Мін–во освіти і науки Yкраїни, Нау. техн. ун–т «Дніировська иолітехніка» - Дніиро: НТY «ДП», 20212. – 184 с.*
2. *ДСТY 2843–94. Електротехніка. Основні ионяття. Терміни та виsнапення.*
3. *ДСТY 2815-94 Електрипні й маsнітні кола та иристрої. Терміни і виsнапення.*
4. *ДСТY 2725–94. Матеріали маsнітні. Терміни та виsнапення.*

Навиал̌ннй контент

5. Методнка опанування навиал̌ної днєнплінн(освітн̌ого компонента)

Лекційні заняття

¼ s/u	*Наsва теми лекуії та иерелік основних иитань (иерелік бибактипних sасобів, иосилання на інформауійні бнерела)*
1	***Заsалані відоwості иро електротехніпні wатеріали.*** ***Предwет і swіст курсу.*** *Поняття иро електротехніпні матеріали. Знапення супасних електротехніпних матеріалів. Класифікауія матеріалів в sв'яsку s їх властивостями і областями використання. Поняття иро ировібникові, наиівировібникові, біелектрипні та маsнітні матеріали. Роsвиток виробниутва матеріалів в Yкраїні і sа корбоном. Економіпні иокаsники використання рisних матеріалів. Охорона ирауі і техніка беsиеки ири виробниутві електротехніпних матеріалів. Охорона ириробu і навколииньоsо серебовиуа віб sабрубнення вібхобами виробниутва матеріалів. Оsляб бернавних станбартів.* ***Іітература: 1****, с. 6-9;* ***6****, с. 5-12*
2,3	***Основні відоwості иро будову реповини****.* ***Електротехніпні терwіни і виsнапення,*** *які необхібні ири вивпенні бисуииліни. Зв'яsок мін класифікауісю електротехніпних матеріалів і аsреsатним станом реповини. Основні вібомості иро бубову атомів, молекул та реповини. Виби хіміпних sв'яsків у молекулах та в конбенсованій реповині. Полярні та неиолярні хіміпні sв'яsки. Зв'яsок мін класифікауісю електротехніпних матеріалів і хіміпним sв'яsком у реповині. Кристаліпна і аморфна бубова реповини. Тиии кристаліпних реиіток, бефекти кристаліпних реиіток, їх класифікауія і роль в властивостях реповини.* ***Поняття иро sонну теорію твердоsо тіла.*** *Yтворення енерsетипних sон ири конбенсауії реповини. Класифікауія електротехніпних матеріалів у світлі sонної теорії.* ***Іітература: 1****, с. 10-27,* ***4****, с. 4-16;* ***5****, с. 3-10;*
4,5	***Поляриsауія і електроировідніста діелектриків, діелектрипні втрати***

	Електрипні явиуа в діелектриках. *Бубова біелектриків. Електрипні saряби в біелектриках і їх вsасмобія s електрипним иолем.* ***Природа иоляриsауії реповини.*** *Діелектрипна ироникність. Її saленність віб пастоти, темиератури і брysих sовніиніх факторів. Метоби вимірювання біелектрипної ироникності. Поляриsауія sasоиобібних, твербих і рібких біелектриків. ßінійні і нелінійні біелектрики. Сеsнетоелектрики, и'сsоелектрики і иіроелектрики.* ***Електроировідніста****. Питома ировібність. Питома об'смна ировібність. Електроировібність sasів, її ириробa і saленність віб наируненості електрипноsо иоля. Електроировібність рібин .Електроировібність твербих біелектриків. Вилив боміиок. Роль волоsості. Заленність віб темиератури. Поверхнева ировібність. Метоби вимірювання иитомоsо об'смноsо і иоверхневоsо оиору.* ***¢іелектрипні втрати.*** *Повні і иитомі втрати. Схема saміуення біелектрипних втрат (біелектриків s втратами). Прироба і виби біелектрипних втрат Заленність віб пастоти і темиератури, аsреsатноsо стану реповини і біелектрипних иараметрів. Метоби виsнапення танsенса кута біелектрипних втрат.* ***lітература: 1****, с. 28-79,* ***4****, с. 17-33, с. 49-66;* ***5****, с. 108-121;*
6-8	***Пробій діелектриків.*** *Виsнапення і основні характеристики иробою. Пробивна наируsа і електрипна міуність.* ***Пробій sasів в однорідноwу і неоднорідноwу електрипноwу иолях.*** *Пробій ири иостійній і sмінній наирysі ниsької і високої пастоти Пробій ири імиульсах. Заленність иробивної наирysи віб тиску і велипини іскровоsо иромінку. Вилив волоsості і темиератури на иробивну наирysу sasів. Fasи s иібвиуеною електрипною міуністю.* ***Пробій рідких діелектриків*** *і механіsм уьоsо явиуа. Вилив боміиок на характер saленностей иробивної наирysи рібини віб темиератури., тривалості наирysи, форми иоля.* ***Пробій твердих діелектриків.*** *Закономірності теиловоsо і електрипноsо иробою. Основи теорії теиловоsо иробою. Електрипний иробій. Заленність електрипної міуності твербих біелектриків віб форми иоля, робу струму, пастоти струму, тривалості бії наирysи, товуини біелектрика. Електрохіміпний иробій. Пробій необнорібноsо біелектрика. Іоніsауійний иробій.* ***Пробій ио иоверхні твердоsо діелектрика.*** *Ексиериментальні бані иро иоверхневий иробій. Метоби виsнапення електрипної міуності біелектриків.* *ßітература:* ***1****, с. 79-140;* ***4****, с. 66-84; с. 144-154;*
9,10	***Механіпні властивості діелектриків:*** *sустина, міуність ири рісних вибах механіпноsо навантанення, твербість, оиір роsколюванню, стійкість бо набриву, убарна в'яsкість, вібростійкість, sнупкість та ін. Заsальна інформауія иро метоби виsнапення механіпних властивостей.* ***Фіsико-хіwіпні властивості діелектриків:*** *хімостійкість, волоsостійкість (sіsроскоиіпність), вобостійкість, вобоиоsлинання, вобоироникність та ін. і sasальна інформауія иро метоби їх виsнапення.* ***Теилові властивості діелектриків:*** *теилоировібність, теилосмність, темиературні коефіуіснти роsиирення, темиератури илавлення і роsм'якиення; в'яsкість, теилове старіння біелектриків, наsрівостійкість sa механіпними і електрипними властивостями, стійкість бо термоубарів, холобостійкість та ін.* ***Вилив радіоактивних виироwінювана на діелектрики.*** *Класифікауія іоніsуюпих*

	виромінювань. Зникаюпі і иост−ефекти ири бії рабіауії. Критипні бози иозлинутої енерсії ири оиромінюванні. ***Зwіна властивостей діелектриків внаслідок дії навколиинаозо середовиуа:*** *світлостійкість, атмосферостійкість і троиікостійкість. Дія біолозіпних факторів на бієлектрики.* ***література: 1****, с. 141-172;* ***4****, с. 84-104;* ***5****, с. 154-165;*
11,12	***Fазоиодібні діелектрипні wатеріали.*** *Використання sазоиобібних бієлектриків в електротехніуі та енерзетиуі.* ***Рідкі діелектрики.*** *Трансформаторна, конбенсаторна і кабельна олива, касторова олива, синтетипні рібкі бієлектрики. Використання рібких бієлектриків в електротехніуі та енерзетиуі.* ***Природні cwоли,*** *висихаюпі рослинні оливи, бітуми, воскоиобібні бієлектрики.* ***Поліwери:*** *иоліетилен, иоліироиилен, иолістирол, иолітетрафторетилен, иолівінілхлорид, иоліефіри, иоліметилметакрилат, иоліаміди, иоліуретани, иоліііміди, фенол-формальбезібні смоли, еиоксибні смоли, фторорзаніпні иолімери, кремнійорзаніпні иолімери, ефіри уелюлози та ін. Орзаніпні улівки. Використання иолімерних бієлектриків в електротехніуі та енерзетиуі.* ***Пластwаси.*** *таруваті і фользовані иластики. Еластомери. Комиаунди. Електроізоляуійні лаки, емалі і клеї. Волокнисті матеріали: орзаніпні і неорзаніпні, иросопені і неиросопені. Використання иластмас в електротехніуі та енерзетиуі.* ***Монокристалічні діелектрики*** *і матеріали на їх основі бля електротехніпноз використання. Неорзаніпні тонкі і товсті улівки.* ***Скло,*** *йоз класифікауія. Оксибне скло: кварузове, лунне, безлунне. Використання скла.* ***Електротехніпна керawіка:*** *електротехніпна иорунляна, конбенсаторна кераміка та ін. Використання кераміпних бієлектриків в електротехніуі та енерзетиуі.* ***література:*** *1, с. 173-224;* ***4****, с. 104-217;* ***5****, с. 108-272* https://classroom.google.com/c/MTUyNzQwMzE0NzI3
13,14	***Провідникові wатеріали різноз електротехніпноз иризнапення.*** *Зазальна характеристика ировібникових матеріалів, иитомий оиір металів і силавів. Заленність електрипних властивостей металів від зовніиніх факторів. Класифікауія ировібникових матеріалів.* *Провібникова мідь Її властивості і застосування. Провібникові бронзи і латуні. Алюміній, йоз властивості і застосування. Провібникові силави на алюмінієвій основі.* *Срібло, золото, иілатина, иалабій. Натрій.* *Набировібники і кріоировібники. Використання матеріалів високої ировібності в ировобах і кабелях.* ***Зазалані виwози і класи$ікауія ировідникових силавів за застосуванняw.*** *Силави високоз електрооиору. Термоиарні матеріали. Силави бля техніпних резисторів. Наростійкі силави. Тузоилавкі метали і силави. Силави різноз иризнапення. Контактні матеріали. Заліз, біметали. Прииої і флюси. Неметаліпні ировібники.* ***література: 4****, с.230-247;* ***5,*** *с.11-30*
15,16	***Зазалана характеристика наівировідникових wатеріалів.*** *Зазальні вібомості і класифікауія. Основні иараметри, які характеризують*

	властивості наівировібникових матеріалів (тии ировібності, иирина забороненої зони, рухливість носіїв зарябів і бр.), заленність иараметрів віб темиератури матеріалу, пастоти струму. ***P-n – иерехід в наівировідниках.*** *Контактні явиуа на границі наівировібник–метал. Використання наівировібникових матеріалів бля біобів, тріобів, терморезисторів, фоторезисторів, тензорезисторів, варисторів, батників Холла, бля термоелементів та іні технічні використання. Інтегральні схеми. Перевази наівировібникових ирилабів.* ***Наівировідникові матеріали.*** *Германій і кремній. Матеріали системи $A^{IY}B^{IY}$,' $A^{III}B^{YI}$, $A^{II}B^{YI.}$; Багатофазні наівировібникові матеріали . Оксибні наівировібники, карбіб кремнію. Загальний огляб технології обернання і иереробки наівировібникових матеріалів.* ***Література: 4**, с.265-310, **5,** с.48-107*
17,18	***Загалана характеристика магнітних матеріалів.*** *Призначення і класифікації магнітних матеріалів. Намагнічування магнітних матеріалів. Основні характеристики в статичних иолях. Статична і реверсивна магнітні ироникності. Динамічна петля гістерезису. Динамічна, амилітубна і комилексна магнітні ироникності. Магнітні втрати, їх розрахунок і иляхи зменшення уих втрат. Точки Кюрі магнітних матеріалів. Вилив хімічного склабу, структури, механічної обробки і термообробки на магнітні властивості матеріалів.* ***Магніто'які матеріали в електротехніці.*** *Магнітом'які матеріали бля магнітоироводів. Характеристики петлі гістерезису. Низькопастотні магнітом'які матеріали з високою індукцією насичення, технічне залізо, електролітичне залізо, карбонільне залізо, електротехнічна сталь , ермендюр. Низькопастотні магнітом'які матеріали з високою магнітною ироникністю (пермалой, альсифер). Високопастотні магнітом'які матеріали: магнітодіелектрики і магнітом'які ферити. Особливості використання магнітом'яких матеріалів в електрообладнанні.* ***Магнітотверді матеріали для постійних магнітів і магнітної пам'яті.*** *Характеристики петлі гістерезису. Питома магнітна енергія. Стабільність постійних магнітів. Сталі, закалені на мартенсит. Ковкі (ливарні) магнітотвердні матеріали на основі системи залізо–алюміній .Пластичні деформовані (ковкі) магнітотвердні сплави. Сплави на основі рідкісних земель. Спеціальні феромагнетики. Магнітострикційні метали і сплави. Матеріали бля магнітного запису інформації. Термомагнітні матеріали. Магнітні матеріали з прямокутною петлею гістерезису. Магнітні ливки. Інші магнітні матеріали. Старіння магнітних матеріалів.* ***Література: 4**, с.310-346, **5**, с.273-327,*

Лабораторні роботи

№	***Короткий зміст лабораторної роботи***
1	***Дослідження електропровідності твердих діелектриків.*** ***Мета роботи –** дослідити вилив склабу і структури матеріалу та факторів навколишнього середовища на значення питомих об'ємного – ρ_v та поверхневого – ρ_s опорів твердих діелектриків.*

	Завдання на роботу *1. Визначити ρ_v і ρ_s сухих твердих діелектриків при кімнатній температурі (об'єкти дослідження визначає викладач) і оцінити вплив складу і макроструктури на електропровідність полярних і неполярних однорідних, волокнистих та композиційних діелектриків.* *2. Визначити ρ_v і ρ_s зволожених твердих діелектриків при кімнатній температурі і оцінити вплив вологи на електропровідність полярних і неполярних однорідних, волокнистих та композиційних діелектриків, порівнявши отримані результати з результатами п.1.* *3. Підготувати звіт з роботи з врахуванням мети роботи, основних і додаткових завдань, наведених у методичних вказівках з конкретних розділів роботи.* ***Література** [2], с. 11-15; [3], с. 7-12*
2	***Дослідження поляризації твердих діелектриків.*** ***Мета роботи –** дослідити вплив складу й структури матеріалу та зовнішніх умов на поляризацію твердих діелектриків.* *Завдання на роботу* *1. Визначити геометричні параметри зразків діелектричних матеріалів різного складу та структури, які підлягають дослідженню.* *2. З допомогою мостових чи резонансних приладів виміряти їхні ємності.* *3. Розрахувати відносну діелектричну проникність досліджених діелектриків та класифікувати їх за механізмами поляризації з врахуванням складу і структури.* *4. Експериментально дослідити вплив температури на ємність конденсаторів з різними діелектричними матеріалами.* *5. Зобразити графічно температурні залежності ємності, розрахувати температурні коефіцієнти ємності графічним методом і пояснити температурну залежність ємності конденсаторів.* *6. Підготувати звіт з роботи з врахуванням мети роботи, основних і додаткових завдань, наведених у методичних вказівках з конкретних розділів роботи.* ***Література** [2], с. 16-20; [3], с. 14-16*
3	***Дослідження діелектричних втрат у твердих діелектриках.*** ***Мета роботи –** вивчення механізмів діелектричних втрат та закономірностей впливу зовнішніх факторів на діелектричні втрати твердих діелектриків.* *Завдання на роботу* *1. Виміряти мостовим методом залежність ємності та tgδ від температури для ряду конденсаторів і зразків діелектричних матеріалів за вказівкою викладача.* *2. Побудувати температурні залежності ємності, tgδ та фактору втрат (добутку ємності і tgδ).* *3. Визначити механізми діелектричних втрат в досліджених матеріалах шляхом порівняння отриманих температурних залежностей tgδ з теоретичними.* *4. Підготувати звіт з роботи з врахуванням мети роботи, основних і додаткових завдань.* ***Література** [2], с. 21-24.*
4	***Дослідження електричної міцності діелектриків.*** ***Мета роботи –** дослідити загальні закономірності пробою газоподібних, рідких та твердих (за вказівкою викладача) діелектриків.* ***Завдання на роботу*** *1. Ознайомитися з інструкцією з техніки безпеки при високовольтних випробуваннях і отримати дозвіл до виконання роботи.* *2. Дослідити залежність пробивної напруги повітря від тиску в однорідному електричному*

	иолі. *3. Побудувати графіки залежності иробивної напруги та електричної міцності иовітря від тиску та иояснити їх.* *4. Визначити у неоднорідному електричному иолі значення иробивної напруги иовітряного иромінку при різних відстанях між електродами.* *5. Побудувати та иояснити залежність иробивної напруги та електричної міцності від відстані між електродами.* *6. Визначити електричну міцність трансформаторного масла. Оцінити вплив домішок та зволоження на електричну міцність масла.* *7. Підготувати звіт з роботи з врахуванням мети роботи, основних і додаткових завдань, наведених у методичних вказівках з конкретних розділів роботи.* ***Література** [2], с. 25-29; [3], с. 17.*
5	*Колоквіум ио діелектричних матеріалах*
6	***Дослідження електропровідності напівпровідників.*** ***Мета роботи –** дослідити вплив температури на електропровідність напівпровідників.* ***Завдання на роботу*** *1. Виміряти температурну залежність опору напівпровідникових елементів електронної техніки (або за вказівкою викладача цитового опору напівпровідникових матеріалів, методика визначення якого наведена у додатку) в діапазоні температур від кімнатної до 100 °С.* *2. Побудувати температурну залежність опору напівпровідникових елементів (цитового опору напівпровідників) у лінійному масштабі.* *3. Визначити значення TKR (TKp) напівпровідникових матеріалів (елементів) при температурі 60 °С графічним методом.* *4. Побудувати температурну залежність опору напівпровідникових елементів (або цитового опору напівпровідникових матеріалів) у напівлога¬рифмічному масштабі lgp = f (1/T)* *5. Визначити значення ширини забороненої зони напівпровідників.* *6. Обчислити теоретичні значення TKR (TKp) напівпровідників (елементів) при температурі 60 °С.* *7. Підготувати звіт з роботи з врахуванням мети роботи, основних і додаткових завдань, наведених у методичних вказівках з конкретних розділів роботи.* ***Література** [2], с. 30-33; [3], с. 17-18*
7	***Дослідження властивостей провідникових матеріалів.*** ***Мета роботи –** дослідити вплив температури на електропровідність провідникових матеріалів з високою цитомою провідністю та високим цитомим опором; визначити цитому термоЕРС провідникових термопар.* ***Завдання на роботу*** *1. Виміряти залежності опору провідникових матеріалів від температури і побудувати графіки цих залежностей. Розрахувати температурний коефіцієнт опору TKR для матеріалів, що досліджувалися.* *2. Паралельно з п.1 зняти залежності термоЕРС термопар від температури і побудувати відповідні графіки. Визначити цитому термоЕРС для досліджених термопар.* *3. Підготувати звіт з роботи з врахуванням мети роботи, основних і додаткових завдань, наведених у методичних вказівках з конкретних розділів роботи.* ***Література** [2], с. 34-37; [3], с. 19*

8	**Дослідження властивостей феромагнітних матеріалів.** **Мета роботи** – навчитися визначати основні характеристики феромагнітних матеріалів. **Завдання на роботу** 1. Розмагнітити зразок матеріалу, що досліджується, з допомогою котушки з низькопастотним необхідним магнітним полем. 2. Зняти основну криву намагніпування феромагнетика (за вибором викладача) з допомогою гермеаметра Кеиселя. 3. Побудувати основну криву намагніпування. Визначити початкову μ_u та максимальну μ_{max} відносні магнітні проникності. Розрахувати та побудувати залежність відносної магнітної проникності μ від напруженості магнітного поля Н. 4. Вимірати статичну залежність магнітної індукції В від напруженості магнітного поля Н для побудови граничної петлі гістерезису. Побудувати граничну петлю гістерезису та визначити індукцію насичення B_S, залишкову індукцію B_r і коерцитивну силу H_C. Визначити, до якого типу відноситься феромагнетик. 5. Підготувати звіт з роботи з врахуванням мети роботи, основних і додаткових завдань, наведених у методичних вказівках з конкретних розділів роботи. **Література** [2], с. 38-42; [3], с. 20.
9	Колоквіум по найвирогідніших, ирогідних та магнетиках

6. Самостійна робота студента

№ з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1	Підготовка до аудиторних занять, вивчення лекційного матеріалу	9
2	Проведення розрахунків за первинними даними, отриманими на лабораторних заняттях, побудова графіків, написання висновків	14
3	Підготовка до модульної контрольної роботи	7
4	Підготовка до заліку	6

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- *правила відвідування занять: відповідно до Наказу 1-273 від 14.09.2020 р. заборонено оцінювати присутність або відсутність здобувача на аудиторному занятті, в тому числі нараховувати заохочувальні або штрафні бали. Відповідно до РСО даної дисципліни бали нараховують за відповідні види навчальної активності на лекційних та лабораторних заняттях. Відпрацювання лабораторних робіт з дисципліни є обов'язковою умовою допуску до заліку;*
- *правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних та лабораторних заняттях, передбачені РСО дисципліни. Використання засобів зв'язку для пошуку інформації на сайті–диску викладача, в інтернеті, в дистанційному курсі на платформі classroom.google сбійснюється за умови вказівки викладача;*
- *правила захисту лабораторних робіт: допускається як індивідуальний захист лабораторних робіт, так і колективний (у складі бригади, склад якої визначають на першому лабораторному занятті). В обох випадках оцінюють індивідуальні відповіді кожного студента.*

- *правила захисту індивідуальних завдань: захист модульної контрольної роботи з дисципліни здійснюється індивідуально і лише у випадку, коли студент не погодився із нарахованими балами за результатами перевірки МКР. Написання МКР є обов'язковим для допуску до заліку;*
- *правила призначення заохочувальних та штрафних балів: заохочувальні та штрафні бали не входять до основної шкали РСО, а їх сума не перевищує 10% стартової шкали.*
- *політика щодо академічної доброчесності: Кодекс честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» https://kpi.ua/files/honorcode.pdf встановлює базальні моральні принципи, правила етичної поведінки осіб та передбачає політику академічної доброчесності для осіб, що працюють і навчаються в університеті, якими вони мають керуватись у своїй діяльності, в тому числі при виконанні та складанні контрольних заходів з дисципліни «Електротехнічні матеріали»;*
- *при використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соц.мережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.*

8. Вид контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (РСО)

- *Поточний контроль: колоквіуми за основними розділами лекційного матеріалу, захист лабораторних робіт, модульна контрольна робота*
- *Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу і оцінюється в балах.*

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	*Оцінка*
100-95	*Відмінно*
94-85	*Дуже добре*
84-75	*Добре*
74-65	*Задовільно*
64-60	*Достатньо*
Менше 60	*Незадовільно*
Не виконані умови допуску	*Не допущено*
Порушення принципів академічної доброчесності	*Усунено*

***Рейтинг студентів з дисципліни** складається з балів за виконання таких робіт:*

- *виконання і захист 7 лабораторних робіт;*
- *2 колоквіуми за основними розділами лекційного матеріалу*
- *написання модульної контрольної роботи;*
- *семестровий контроль - залік.*

Система рейтингових (вагових) балів та критеріїв оцінювання

1. ***Виконання лабораторної роботи** (підготовка до виконання лабораторної роботи, проведення експериментів, оформлення звіту і захист лабораторної роботи).*

Ваговий бал – 10.

*Максимальна кількість рейтингових балів: **10х7=70**.*

Критерії оцінювання:

2. *своєчасне і повне виконання лабораторної роботи (повністю оформлений звіт з виконаної роботи, забовільне оформлення розрахунково-графічної частини, повний аналіз результатів і змістовні висновки за результатами роботи), виперині відповіді на запитання питання, пітке визнапення всіх понять; велипин* **20**
3. *незначні помилки в розрахунково-графічній частині або неповні відповіді на запитання* **15-19**
4. *Неповне обо неправильне виконання (відсутні завдання, суттєві помилки в розрахунках неправильні відповіді на запитання)* **0. 14**

2. ***Колоквіум за основними розділами лекційного матеріалу***
Базовий бал – 5.
Максимальна кількість рейтингових балів: ***5х2=10****.*

Критерії оцінювання:

- *Правильні і повні відповіді* **5**
- *частково правильні або неповні відповіді* **3 4**
- *Відсутні або неправильні відповіді* **0. 2**

3. ***Модульна контрольна робота:***

Базовий бал – ***20***

Критерії оцінювання:

- *Правильне і повне виконання* **20**
- *Правильне, але неповне виконання (неповні відповіді або незначні помилки в розрахунках)* **15 …19**
- *Неповне обо неправильне виконання (відсутні завдання, неправильні відповіді на теоретичні запитання, або суттєві помилки в розрахунках)* **0. 14**

4. Залік *(в залежності від рівня підготовки)* **до 40**

5. Додаткові завдання *(заохочувальні бали)*

Для покращення рейтингу студент за бажанням студента і особою викладача може отримати бобаткові бали, підготувавши стислий реферат або презентацію на задану викладачем тему або письмову відповідь на базе викладачем запитання (не більше 1 бобатковоо завдання на 1 студента протягом семестра)

Базовий бал – ***5***

*Оцінюється викладачем від 0 бо 5 балів в залежності від якості підготовленоо матеріалу****.***

*Розмір екали рейтингу R=****100*** *балів.*

Умови позитивної проміжної атестації

Для отримання «зараховано» з ***терпої проміжної атестації*** *(8 тижень) студент матиме не менш ніж* ***17 балів*** *(на попаток 8 тиння зсібно з календарним планом контрольних заходів можна отримати 28 балів).*

Для отримання «зараховано» з ***другої проміжної атестації*** *(14 тижень) студент матиме не менш ніж* ***40 балів*** *(на попаток 14 тиння зсібно з календарним планом контрольних заходів можна отримати 65 балів).*

Семестровий контроль: залік

Умови допуску до заліку*: виконання і захист всіх лабораторних робіт, написання модульної контрольної роботи. Студенти, які протягом семестру не набрали 60 балів або бажають*

иібвиуити свою оуінку виконують залікову контрольну роботу, ири уьому бали, набрані в семестрі, анулюються.

*Вазовий бал залікової контрольної роботи – **100***

Критерії оуінювання залікової контрольної роботи:

- *виперині вібиовібі на всі основні, а такон на бобаткові иитання, пітке визнапення всіх ионять; велипин – **95..100 балів**;*
- *в беяких вібиовібях мають місуе иевні нетопності – **85…94 бали**;*
- *боиускаються окремі иомилки, мас місуе знання основних ионять і велипин, розуміння суті ироуесів в електротехніпних матеріалах і иринуииів їх використання – **75…84 бали**;*
- *ириускаються суттсві иомилки, неиовне розуміння основних ионять і суті ироуесів в електротехніпних матеріалах і иринуииів їх використання – **60…74 бали**.*
- *Незнання матеріалу, нерозуміння основних ионять і ироуесів в електротехніпних матеріалах – **вение 60 балів***

9. 4одаткова інформаія з навиаьної днєнплінн

Перелік иитана, які виносятася на семестровий контрола.

1. *Загальна характеристика сфер застосування електротехніпних матеріалів*
2. *Зв'язок мін вибами хіміпних св'яків у молекулах і конбенсованій реповині і властивостями електротехніпних матеріалів*
3. *Основні иолонення зонної теорії твербих тіл і класифікауія електротехніпних матеріалів в рамках уісї теорії.*
4. *Поляризауія бієлектриків. Основні фізипні і техніпні иараметри, які характеризують иоляризауію.*
5. *Основні виби та механізми иоляризауії, їхні особливості. Класифікауія бієлектриків за вибами иоляризауії.*
6. *Особливості сионтанної иоляризауії та її заленість від темиератури та пастоти.*
7. *Заленість бієлектрипної ироникності бієлектриків з різною структурою від темиератури та пастоти.*
8. *Діелектрипна ироникність суміией двох або більиозо писла бієлектриків, які не утворюють обин з обним хіміпні сиолуки.*
9. *Основні класи активних бієлектриків, особливості їх иоляризауії та області застосування.*
10. *Електроировібність твербих бієлектриків. Вилив зовніиніх факторів на об'ємний та иоверхневий иитомі оиори, метоби їх вимірювання.*
11. *Електроировібність газів, несамостійна та самостійна ировібність газів, струм насипення в газах.*
12. *Діелектрипні втрати, механізми бієлектрипних втрат, иовні і иитомі втрати, кут бієлектрипних втрат.*
13. *Схеми заміуення бієлектрика з втратами, векторні біаграми і виразу бля tgδ бля них та монливості застосування схем заміуення.*
14. *Виби бієлектрипних втрат в заленності від структури і властивостей бієлектриків.*
15. *Вилив зовніиніх факторів на бієлектрипні втрати.*
16. *Загальна характеристика явиуа иробою бієлектриків. Виби иробою.*
17. *Фізика електрипнозо иробою в обнорібному иолі.*
18. *Вилив електронегативності газів на їхню електрипну міуність.*
19. *Заленість електрипної міуності газів від тиску і відстані мін електробами. Закон Паиена.*
20. *Теорія теиловозо иробою бієлектриків.*
21. *Вилив характеристик бієлектрика і зовніиніх факторів на иробивну наируз ири теиловому иробої.*
22. *Гасткові розряби в бієлектриках і характеристики їхньої інтенсивності.*

23. *Особливості і закономірності іонізаційного пробою.*
24. *Вологість, гігроскопічність, змочуваність, вологопроникність діелектричних матеріалів і їх вплив на експлуатаційні характеристики ізоляції.*
25. *Класи нагрівостійкості електричної ізоляції, температурний індекс і профіль нагрівостійкості ізоляційних матеріалів.*
26. *Вплив радіоактивного опромінювання на електричні, механічні та теплові властивості діелектриків.*
27. *Практичне значення теплопровідності, термостійкості, стійкості до термоудару та температурного коефіцієнту розширення електроізоляційних матеріалів.*
28. *Характеристика електроізоляційних властивостей повітря та інших газоподібних діелектриків.*
29. *Природні та синтетичні рідинні електроізоляційні матеріали, їхні властивості, особливості та основні області застосування.*
30. *Класифікація твердих діелектриків за різними критеріями, особливості та області застосування твердих діелектриків.*
31. *Властивості та області застосування слюд (мусковіту та флогопіту). Основні групи матеріалів на основі слюд, їхні властивості та області застосування.*
32. *Електроізоляційне скло і матеріали на його основі.*
33. *Найважливіші типи керамічних електроізоляційних матеріалів та області їхнього застосування.*
34. *Класифікація і області застосування полімерних діелектриків і пластмас.*
35. *Основні полімерні діелектричні матеріали, їхні властивості і застосування.*
36. *Еластомери, їхні властивості і застосування.*
37. *Лаки, емалі і компаунди, їхні властивості і застосування.*
38. *Волокнисті електроізоляційні матеріали (органічні і неорганічні), їхні властивості і застосування.*
39. *Загальна характеристика активних діелектриків.*
40. *Загальна характеристика провідникових матеріалів і їх застосування.*
41. *Основні властивості провідникових матеріалів.*
42. *Провідникові матеріали високої провідності: властивості і застосування.*
43. *Провідникові матеріали високого опору: властивості і застосування.*
44. *Термопарні матеріали: властивості і застосування.*
45. *Припої і провідникові матеріали для електричних контактів: властивості і застосування.*
46. *Набировідникові і кріорезистивні матеріали: властивості і застосування.*
47. *Загальна характеристика і класифікація напівпровідників.*
48. *Вплив зовнішніх факторів на електропровідність напівпровідників.*
49. *Термоелектричні явища в напівпровідниках і їхні застосування.*
50. *Магнітоелектричні явища в напівпровідниках і їхні застосування.*
51. *P-n перехід в напівпровідниках, його властивості і застосування.*
52. *Магнітні властивості речовини і загальна класифікація магнітних матеріалів.*
53. *Магніто-м'які матеріали, їхні властивості і застосування.*
54. *Магнітотверді матеріали, їхні властивості і застосування.*

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцентом кафедри відновлюваних джерел енергії, канд. техн. наук Кириленко К.В.

Ухвалено кафедрою ВДЕ (протокол № 10 від 17.05.2023)

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол № 10 від 22.06.2023)